

Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil⁽¹⁾

Eliane Cristina Gruszka Vendruscolo⁽²⁾, Carlos Alberto Scapim⁽³⁾,
Cleso Antônio Patto Pacheco⁽⁴⁾, Valter Rodrigues de Oliveira⁽⁵⁾,
Alessandro de Lucca e Braccini⁽³⁾ e Maria Celeste Gonçalves-Vidigal⁽³⁾

Resumo – Este trabalho teve como objetivo estudar a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca avaliadas pela Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, no ano agrícola 1991/92. Foram avaliadas 15 cultivares em 19 locais quanto à produtividade, e em 15 locais quanto ao índice de capacidade de expansão (ICE) na região centro-sul do Brasil. As cultivares GO 100P, MF 1001, Pirapoca-Amarela, Pirapoca-Branca e Colorado Pop 1, foram mais promissoras, pois apresentaram boas médias de produtividade (1.700 a 2.100 kg/ha de grãos) e razoáveis ICE (17 a 21 mL/mL). Quanto à variável produtividade, as cultivares Pirapoca-Amarela e Colorado Pop 1 apresentaram-se adaptadas a ambientes favoráveis, e foram estáveis. As cultivares MF 1001, Pirapoca-Branca e GO 100P, demonstraram capacidade satisfatória no aproveitamento dos estímulos ambientais, e foram estáveis. Todas foram estáveis em relação ao ICE, e as cultivares MF 1001, Colorado Pop 1, Pirapoca-Amarela e Pirapoca-Branca demonstraram capacidade satisfatória no aproveitamento dos estímulos ambientais. A cultivar GO 100P foi melhor adaptada para ambientes favoráveis.

Termos para indexação: *Zea mays*, variedades, híbridos, rendimento.

Adaptability and stability of popcorn cultivars in the central-south of Brazil

Abstract – The purpose of this work was to study the adaptability and stability of popcorn cultivars evaluated by Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo in the year 1991/92. Fifteen cultivars were evaluated for yield, in 19 environments, and for popping expansion, in 15 environments, at the central-south of Brazil. The cultivars GO 100P, MF 1001, Pirapoca-Amarela, Pirapoca-Branca and Colorado Pop 1 were more promising, showing higher grain yield average (1,700 to 2,100 kg/ha) and reasonable popping expansion (17 to 21 mL/mL). In relation to yield, Pirapoca-Amarela and Colorado Pop 1 cultivars were more adapted to favorable environments, and were stable. The MF 1001, Pirapoca-Branca and GO 100P showed to be responsive to the environmental stimulus, and were stable. In relation to popping expansion, all the cultivars were stable, and MF 1001, Colorado Pop 1, Pirapoca-Amarela e Pirapoca-Branca cultivars showed to be responsive to the environmental stimulus. GO 100P cultivar was adapted to favorable environments.

Index terms: *Zea mays*, varieties, hybrids, yields.

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 29 de março de 2000.

Extraído da dissertação de mestrado, apresentada pela primeira autora à Universidade Estadual de Maringá (UEM).

⁽²⁾ Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rua Pioneira, s/n CEP 85950-000 Palotina, PR. E-mail: vendrusc@ufpr.br

⁽³⁾ UEM, Av. Colombo, 5790, Bloco 32, Sala 13, CEP 87020-900 Maringá, PR. Bolsista do CNPq. E-mail: caspim@cca.uem.br,

albraccini@uem.br, gvidigal@wnet.com.br

⁽⁴⁾ Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: cleso@cnpmc.embrapa.br

⁽⁵⁾ Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Centro Tecnológico do Centro-Oeste, Caixa Postal 295, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG. E-mail: vroлива@net.em.com.br

INTRODUÇÃO

O desempenho de cultivares varia, normalmente, com os ambientes, de modo que uma cultivar dificilmente é a melhor em todas as condições de cultivo. A resposta diferenciada das cultivares à variação ambiental denomina-se interação cultivares x ambientes. Isto significa que os efeitos genéticos e ambientais não são independentes.

Eberhart & Russell (1966) propõem que uma região para a qual se pretenda desenvolver cultivares pode ser dividida em sub-regiões dentro das quais a interação passa a ser não-significativa. Todavia, mesmo com este refinamento, as interações podem permanecer elevadas, considerando que a estratificação do ambiente não reduz a interação cultivares x anos, nem controla eficazmente as variações imprevisíveis do ambiente (Allard & Bradshaw, 1964).

Ramalho et al. (1993) enfatizam que a interação não só interfere na recomendação de cultivares, mas também dificulta o trabalho do melhorista na seleção das melhores cultivares. Assim, para minimizar os efeitos da interação cultivares x ambientes e ter maior previsibilidade de comportamento, de forma eficiente e racional, é necessário identificar cultivares mais estáveis. Há, também, a necessidade de identificar cultivares adaptadas às condições específicas de cada ambiente. Uma cultivar de sucesso deve apresentar, em diferentes condições de ambiente, alta produtividade, e sua superioridade deve ser estável. Os melhoristas estão de acordo sobre a importância da estabilidade da alta produtividade, mas divergem quanto à mais apropriada definição de estabilidade e quanto aos métodos para quantificá-la.

Entre os vários métodos desenvolvidos para a caracterização das cultivares quanto à estabilidade fenotípica e adaptabilidade, podem ser citados os de Eberhart & Russell (1966) e Cruz et al. (1989), que são fundamentados na interação cultivares x ambientes e se distinguem nos conceitos de estabilidade adotados, e em certos princípios estatísticos empregados.

Em relação ao milho-pipoca, o melhorista precisa estar consciente de que deve satisfazer tanto o produtor, quanto o consumidor. Ao produtor, interessa a elevada produtividade e bons caracteres agrônomicos. Ao consumidor, interessa alta capacidade de

expansão, que confere à pipoca melhor textura e maciez. Sabe-se que a capacidade de expansão é um caráter poligênico, que está negativamente correlacionada com todos os outros caracteres de importância econômica, como a produtividade (Verma & Singh, 1979; Lira, 1983; Dofing et al., 1991). De certa maneira, isto dificulta a obtenção de cultivares que sejam agronomicamente superiores e com alta qualidade de pipoca.

Sabe-se que, sobretudo no Brasil, o volume de informações sobre esta cultura é pequeno e esparso. Estudos sobre a adaptabilidade e estabilidade de cultivares e métodos apropriados para quantificá-los, ainda não foram realizados no Brasil, até porque as informações sobre cultivares nunca haviam sido catalogadas e postas à disposição de interessados, o que, de certa forma, aconteceu com a realização deste primeiro ensaio nacional de milho-pipoca.

O objetivo deste trabalho foi obter informações a respeito de 15 cultivares (variedades e híbridos intervarietais) de milho-pipoca (*Zea mays* L.) quanto à adaptabilidade e à estabilidade da produção e da capacidade de expansão.

Material e Métodos

Foram usados, neste estudo, os dados obtidos no Ensaio Nacional de Cultivares de Milho-Pipoca, no ano agrícola de 1991/92, coordenado pela Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo.

Os dados referem-se aos pesos de grãos, em kg/ha, corrigidos para 14,5% de umidade, e a capacidade de expansão. Na avaliação dessa variável, procedeu-se da seguinte forma: as amostras de pipoca foram uniformizadas quanto ao teor de umidade, e submetidas ao teste de expansão. Cada repetição consistiu de uma amostra de 30 mL de grãos, que foi expandida em pipoqueira elétrica com termostato, para manter temperatura constante a 237°C, sem óleo, por quatro minutos. A determinação do índice de capacidade de expansão (ICE) foi feita dividindo-se o volume de pipocas estouradas, medidas em proveta de 1.000 mL, pelo volume de grãos utilizados, na unidade de mL/mL. Foram avaliadas 15 cultivares (variedades e híbridos intervarietais), ensaiadas em 19 locais quanto à produtividade, e em 15 locais quanto ao ICE na região centro-sul do Brasil. A caracterização das cultivares encontra-se na Tabela 1.

Os testes foram realizados em Janaúba (MG), Londrina (PR), Ijuí (RS), Guaira (SP), Campinas (SP), Linhares (ES), Coimbra (MG), Brasília (DF), Campoêre (SC), Sidrolândia (MS), Goianésia (GO), Porangatu (GO), Nova Mutum (MT), Canarana (MT), Senador Canedo (GO), Paulínia (SP), Piracicaba (SP) e Goiânia (GO). Para estimar os índices de capacidade de expansão foram realizados ensaios em Sete Lagoas (MG), Janaúba, Coimbra (MG), Brasília, Campoêre, Sidrolândia, Senador Canedo, Paulínia, Piracicaba, Campinas, Itumbiara (GO), Cascavel (PR), Londrina e Santa Cruz das Palmeiras (SP).

Cada ensaio foi considerado como um ambiente, uma vez que foram conduzidos em diferentes locais e sob diferentes condições edafoclimáticas. Foi realizada uma análise de variância de cada ensaio quanto à produtividade e ao índice de capacidade de expansão. O modelo estatístico adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. A análise conjunta dos dados de produtividade de grãos foi realizada nos 19 ambientes, uma vez que a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual não foi superior a sete (Pimentel-Gomes, 1990). De modo similar, a análise conjunta foi realizada quanto ao índice de capacidade de expansão, envolvendo 15 ambientes. Os efeitos de genótipos foram considerados fixos, e os demais, aleatórios.

As análises estatísticas para estudar a adaptabilidade e estabilidade das cultivares foram realizadas pelos métodos de Eberhart & Russell (1966) e Cruz et al. (1989). O método de Eberhart & Russell (1966) se baseia em análise

de regressão linear, que mede a resposta de cada genótipo às variações ambientais. Em cada genótipo é computada uma regressão linear simples da variável dependente considerada (normalmente produção de grãos), e o índice ambiental, definido como a média de todas as cultivares no ambiente menos a média geral. Os parâmetros de adaptabilidade são a média (β_{0i}) e o coeficiente de regressão linear (β_{1i}). A estabilidade é avaliada pelos desvios da regressão (σ^2_{di}) e pelo coeficiente de determinação (R^2).

O método de Cruz et al. (1989) baseia-se na análise de regressão bissegmentada e tem como parâmetros de adaptabilidade a média (β_{0i}), a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (β_{1i}) e a resposta linear aos ambientes favoráveis ($\beta_{0i} + \beta_{1i}$). A estabilidade é avaliada pelo quadrado médio dos desvios da regressão e pelo coeficiente de determinação (R^2). Ambientes desfavoráveis são os que apresentam índices ambientais negativos, e ambientes favoráveis são aqueles cujos índices ambientais são positivos.

As análises genético-estatísticas foram realizadas empregando-se os recursos computacionais do Programa Genes (Cruz, 1997).

Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância conjunta referente às variáveis produtividade e índice de capacidade de expansão (ICE) encontra-se na Tabela 2.

Tabela 1. Caracterização das cultivares quanto à procedência, tipo de grão e população.

Genótipo	Procedência	Tipo de grão	População
RS-20	IPAGRO	Amarelo redondo	Variedade
SAM	IAC	Amarelo redondo	Variedade
MF 1001	Mays Forte	Amarelo redondo	HIV experimental ⁽¹⁾
Colorado Pop 2	Colorado	Amarelo redondo	HIV experimental ⁽¹⁾
Colorado Pop 1	Colorado	Amarelo redondo	HIV experimental ⁽¹⁾
Composto Indígena	ESALQ	Branco redondo	População experimental
Pirapoca-Amarela	ESALQ	Amarelo redondo	Variedade
Pirapoca-Branca	ESALQ	Branco redondo	Variedade
UNB-2	UnB	Amarelo redondo	População experimental
BR-440	Embrapa	Branco redondo	Variedade
GO 100P	Grãos de Ouro	Amarelo redondo	População experimental
CMS-43	Embrapa	Branco redondo	População experimental
CMS-42	Embrapa	Amarelo redondo	População experimental
Rogo Pop 1	Rogobrás	Amarelo redondo	HIV experimental ⁽¹⁾
Rogo Pop 2	Rogobrás	Amarelo redondo	HIV experimental ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Híbrido intervarietal.

Verifica-se, em relação às duas características, que a interação cultivares x ambientes foi significativa ($P < 0,05$), evidenciando comportamento diferenciado das cultivares diante da variação ambiental, justificando-se, assim, um estudo mais detalhado, visando identificar os materiais de maior estabilidade fenotípica.

As médias gerais relativas à produtividade de grãos (kg/ha) e ao índice de capacidade de expansão (mL/mL) das cultivares avaliadas encontram-se na Tabela 3. As cultivares UNB-2, CMS-43, CMS-42 e Composto Indígena foram produtivas (média geral maior que 2.200 kg/ha de grãos), mas apresentaram baixo índice de capacidade de expansão (ICE menor que 15 mL/mL). Pelo projeto de Norma de Identidade e Qualidade de Milho-Pipoca, do Ministério da Agricultura e Abastecimento que ainda não está em vigor, para que o milho-pipoca possa ser comercializado precisa ter no mínimo ICE de 15 mL/mL, embora as melhores pipocas tenham ICE acima de 25 (Pacheco et al., 1996). As cultivares Rogo Pop 1 e Rogo Pop 2 apresentaram razoáveis valores de ICE (aproximadamente 21), mas foram as últimas colocadas em produtividade (menos de 1.100 kg/ha de grãos). Como se pretende associar produtividade e ICE, as cultivares GO 100P, MF 1001, Pirapoca-Amarela, Pirapoca-Branca e Colorado Pop 1 foram mais promissoras, pois apresentaram boas médias de produtividade (1.700 a 2.100 kg/ha de grãos) e razoáveis ICE (17 a 21 mL/mL), e portanto, serão as cultivares enfatizadas nas avaliações de adaptabilidade e estabilidade.

As estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade do método de Eberhart & Russell

(1966), encontram-se na Tabela 3. Esses autores definiram a adaptabilidade, medida pelo coeficiente de regressão linear (β_{1i}), como a capacidade das cultivares de aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente. As cultivares que modificam o comportamento de modo regular conforme a qualidade ambiental se altera, deveriam apresentar β_{1i} igual a 1; as cultivares de adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, β_{1i} maior do que 1; e as cultivares com adaptabilidade a ambientes desfavoráveis, β_{1i} menor do que 1. A estabilidade foi definida como a capacidade das cultivares de apresentarem comportamento previsível em razão do estímulo ambiental. Cultivares com previsibilidade alta seriam as que apresentassem a variância dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$) igual a zero e com previsibilidade baixa ($\hat{\sigma}_{di}^2$), maior que zero.

As cultivares Pirapoca-Amarela e Colorado Pop 1 apresentaram valores de β_{1i} significativamente acima de um, quanto à variável produtividade, evidenciando adaptação a ambientes favoráveis. São genótipos mais responsivos à melhoria ambiental mas poderão desapontar em ambientes inferiores. Quanto à estabilidade, o genótipo Pirapoca-Amarela apresentou $\hat{\sigma}_{di}^2$ não-significativo, ou seja, previsibilidade alta. Tendo $\hat{\sigma}_{di}^2$ não-significativo a cultivar modifica-se com as variações ambientais de modo previsível, ou seja, segundo linha de regressão perfeita. No entanto, o genótipo Colorado Pop 1 apresentou $\hat{\sigma}_{di}^2$ diferente de zero, ou seja, previsibilidade baixa. Com $\hat{\sigma}_{di}^2$ alto, o comportamento será errático ou imprevisível. Porém, este fato não deve ser tão limitante quando da tomada de decisão acerca deste

Tabela 2. Análise de variância conjunta da produtividade de grãos de milho-pipoca (kg/ha) das 15 cultivares em 19 ambientes e do índice de capacidade de expansão (ICE), mL/mL, em 15 ambientes.

Fonte de variação	Produtividade		ICE	
	GL	QM	GL	QM
Blocos/ambientes	38	399,513	30	11,60
Cultivares (C)	14	17.928,206**	14	394,75**
Ambientes (A)	18	32.654,841**	14	263,49**
C x A	252	490,988**	196	10,84**
Resíduo médio	536	143,864	420	5,78

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 3. Parâmetros da adaptabilidade e estabilidade estimados pelos métodos de Eberhart & Russell (1966) e Cruz et al. (1989)⁽¹⁾.

Cultivar	Produção ⁽¹⁾ média de grãos (kg/há)	ICE ⁽¹⁾ (mL/mL)	Eberhart & Russell (1966)				Cruz et al. (1989)					
			Produtividade		ICE		Produtividade			ICE		
			$\hat{\beta}_{li}$	$\hat{\sigma}_{di}^2$	$\hat{\beta}_{li}$	$\hat{\sigma}_{di}^2$	$\hat{\beta}_{li}$	$\hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{zi}$	QMD Regressão	$\hat{\beta}_{li}$	$\hat{\beta}_{li} + \hat{\beta}_{zi}$	QMD Regressão
RS-20	1.537(12)	20,02(4) ²	0,81 ^{**}	26.658 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,60 ^{**}	203.951 ^{ns}	0,77 [*]	1,41 ^{ns}	7,80 ^{ns}
SAM	1.584(11)	16,57(11)	1,13 [*]	138.908 ⁺⁺	1,14 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,09 ^{ns}	1,29 [*]	577.872 ^{**}	1,02 ^{ns}	1,65 [*]	8,83 ^{ns}
MF 1001	1.738(7)	18,89(7)	1,02 ^{ns}	3.896 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,09 ^{ns}	161.797 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,03 ^{ns}	8,66 ^{ns}
Colorado Pop 2	1.612(10)	17,02(10)	0,83 ^{**}	76.827 ⁺⁺	0,87 ^{ns}	2,97 ⁺⁺	0,81 ^{**}	0,89 ^{ns}	394.719 ^{**}	0,73 [*]	1,51 [*]	14,08 [*]
Colorado Pop 1	2.053(5)	19,17(6)	1,18 ^{**}	58.294 ⁺⁺	1,17 ^{ns}	-0,90 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,37 ^{**}	313.257 ^{**}	1,16 ^{ns}	1,22 ^{ns}	3,31 ^{ns}
Composto Indígena	2.712(3)	12,38(15)	1,09 ^{ns}	222.348 ⁺⁺	0,81 ^{ns}	1,93 ⁺⁺	1,10 ^{ns}	1,03 ^{ns}	859.027 ^{**}	1,05 ^{ns}	-0,26 ^{**}	7,25 ^{ns}
Pirapoca-Amarela	1.734(8)	19,36(5)	1,12 [*]	19.710 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,34 ^{**}	179.708 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,86 ^{ns}	6,25 ^{ns}
Pirapoca-Branca	1.656(9)	20,22(3)	0,93 ^{ns}	9.871 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,79 ^{ns}	170.312 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,44 ^{ns}	8,32 ^{ns}
UNB-2	2.757(1)	14,31(12)	1,34 ^{**}	144.391 ⁺⁺	0,78 ^{ns}	1,32 ⁺⁺	1,32 ^{**}	1,40 ^{**}	610.479 ^{**}	0,86 ^{ns}	0,39 [*]	9,87 [*]
BR-440	1.335(13)	18,75(8)	0,78 ^{**}	29.841 ^{ns}	1,19 ^{ns}	2,53 ⁺⁺	0,82 [*]	0,64 ^{**}	233.491 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,53 [*]	13,98 [*]
GO 100P	1.797(6)	17,65(9)	0,97 ^{ns}	4.708 ^{ns}	1,37 [*]	0,60 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,89 ^{ns}	163.361 ^{ns}	1,43 ^{**}	1,10 ^{ns}	7,88 ^{ns}
CMS-43	2.730(2)	13,19(13)	1,38 ^{**}	109.045 ⁺⁺	0,80 ^{ns}	2,29 ⁺⁺	1,37 ^{**}	1,40 ^{**}	500.201 ^{**}	0,92 ^{ns}	0,24 [*]	12,30 ^{ns}
CMS-42	2.215(4)	12,43(14)	1,18 ^{**}	69.328 ⁺⁺	0,75 [*]	3,62 ⁺⁺	1,11 ^{ns}	1,42 ^{**}	333.263 ^{**}	0,89 ^{ns}	0,11 [*]	16,20 ^{**}
Rogo Pop 1	961(15)	20,69(1)	0,55 ^{**}	101.662 ⁺⁺	0,93 ^{ns}	2,89 ⁺⁺	0,61 ^{**}	0,35 ^{**}	449.301 ^{**}	0,93 ^{ns}	0,93 ^{ns}	15,66 ^{**}
Rogo Pop 2	1.111(14)	20,24(2)	0,62 ^{**}	49.421 ⁺⁺	1,38 [*]	0,80 ^{ns}	0,67 ^{**}	0,43 ^{**}	285.195 ^{**}	1,29 [*]	1,74 [*]	8,14 ^{ns}

⁽¹⁾ Média das cultivares: 1.835 kg/ha de grãos; C.V. (cultivares): 20,65%; média do índice de capacidade de expansão (ICE): 17,39 mL/mL; C.V. (ICE): 13,83%; números entre parênteses após produção média e após ICE indicam a classificação dos valores. ^{ns} Não-significativo pelo teste t. ^{ns} Não-significativo pelo teste F. * Significativamente diferente de 1, a 5% de probabilidade, pelo teste t. ** Significativamente diferente de 1, a 5% de probabilidade, pelo teste t. ++ Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

material, visto apresentar coeficiente de determinação alto ($R^2=91\%$).

As cultivares MF 1001, Pirapoca-Branca e GO 100P apresentaram coeficientes de regressão igual a 1, $\hat{\sigma}_{di}^2$ não-significativos e coeficientes de determinação altos ($>92\%$). Logo, essas cultivares demonstram capacidade satisfatória no aproveitamento dos estímulos ambientais, e são previsíveis. O coeficiente de regressão igual a 1 indica que essas cultivares modificam o comportamento de modo regular, de acordo com a alteração da qualidade do ambiente.

Para o índice de capacidade de expansão, o método de Eberhart & Russel (1966) identificou as cultivares MF 1001, Colorado Pop 1, Pirapoca-Amarela e Pirapoca-Branca com capacidade satisfatória no aproveitamento dos estímulos ambientais com $\hat{\beta}_{1i}$ estatisticamente igual a 1, com exceção do genótipo GO 100P, que apresentou o $\hat{\beta}_{1i}$ significativamente acima de 1, evidenciando, assim, adaptação a ambientes favoráveis. Em relação à estabilidade, são considerados de alta previsibilidade.

O método proposto por Eberhart & Russell (1966) tem sido mais utilizado em relação aos demais, em todas as culturas. Entre os autores, pode-se citar Moraes (1981) na cultura do arroz, Miranda (1993) na cultura do feijão, Oliveira (1976), Gama & Hallauer (1980) e Veronesi (1995) na cultura do milho, além de outros.

O método de Cruz et al. (1989) ajusta, em relação a cada genótipo, uma única equação constituída de dois segmentos de reta, com união no ponto correspondente ao valor zero do índice de capacidade de expansão de ambiente. Para Cruz et al. (1989), um genótipo ideal seria o que apresentasse média de produção alta, a resposta linear dos ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i}$) menor que 1, a resposta linear aos ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_{1i}+\hat{\beta}_{2i}$) maior que 1, e desvios da regressão iguais a zero. Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estimados pelo método de Cruz et al. (1989) encontram-se na Tabela 3. Os ambientes favoráveis e desfavoráveis são os mesmos utilizados no método de Eberhart & Russel (1966).

Nesse método, serão referenciadas as mesmas cultivares supracitadas, que aliam boa produtividade com razoável ICE. Dessas cultivares, nenhuma mostrou-se indicada para os ambientes desfavoráveis,

ou seja, ($\hat{\beta}_{1i}$) e ($\hat{\beta}_{1i}+\hat{\beta}_{2i}$) < 1 , para as duas variáveis. A cultivar GO 100P apresentou $\hat{\beta}_{1i} > 1$ em relação à variável ICE, mostrando ser muito exigente, mesmo nas condições desfavoráveis.

O coeficiente de regressão ($\hat{\beta}_{1i}+\hat{\beta}_{2i}$) indica a resposta das cultivares aos ambientes favoráveis. Nota-se que a diferença entre as respostas das cultivares nos ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_{1i}+\hat{\beta}_{2i}$) e desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i}$) é quantificada pelo $\hat{\beta}_{2i}$. Portanto, se $\hat{\beta}_{2i}$ não diferir significativamente de zero, $\hat{\beta}_{1i}$ e ($\hat{\beta}_{1i}+\hat{\beta}_{2i}$) serão iguais, e o comportamento do genótipo será idêntico nos ambientes favoráveis e desfavoráveis. Nesse caso, seria recomendada uma única equação de regressão para representar o comportamento da cultivar, pela maior simplicidade do modelo. Assim, quanto à produtividade, o comportamento das cultivares MF 1001, Pirapoca-Amarela, GO 100P e Colorado Pop 1 poderia ser avaliado por um modelo linear simples na representação dos dados. A cultivar Pirapoca-Amarela apresenta comportamento linear bissegmentado. Quanto ao índice de capacidade de expansão, o comportamento das cinco cultivares poderia ser avaliado por um modelo linear simples.

As cultivares que sobressaem nos ambientes favoráveis apresentam ($\hat{\beta}_{1i}+\hat{\beta}_{2i}$) > 1 , uma vez que em cada unidade hipotética de melhoria do ambiente, maior é sua produtividade ou índice de capacidade de expansão em relação às demais cultivares. As cultivares Colorado Pop 1 e Pirapoca-Amarela, para produtividade, apresentaram tais características.

As cultivares MF 1001, Pirapoca-Branca e GO 100P apresentaram o ($\hat{\beta}_{1i}+\hat{\beta}_{2i}$) igual a unidade, quanto à produtividade, demonstrando que não respondem tão bem à melhoria do ambiente como as cultivares que possuem ($\hat{\beta}_{1i}+\hat{\beta}_{2i}$) > 1 . Em relação ao ICE, todas as cinco cultivares apresentaram o ($\hat{\beta}_{1i}+\hat{\beta}_{2i}$) igual a unidade.

Essas cinco cultivares que atendem por boa produtividade e razoáveis ICE foram estáveis quanto às duas variáveis, mostrando a alta previsibilidade de comportamento dessas cultivares. A cultivar Colorado Pop 1 apresentou desvios da regressão significativo quanto à produtividade. Porém, este fato não deve ser tão limitante quando da tomada de decisão acerca deste material, visto apresentar coeficiente de determinação alto ($R^2=91\%$).

Não se encontrou, entre as cultivares estudadas, nenhuma que atendesse ao conceito de genótipo ideal, conforme descrito por Cruz et al. (1989), ou seja, com alta capacidade produtiva, razoável ICE, $\hat{\beta}_{1i} < 1$, $(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}) > 1$, e o desvio da regressão zero (Tabela 3). Em ambientes favoráveis, a cultivar ideal seria aquela que desse rendimento alto, razoável ICE e $\hat{\beta}_{1i}$ e $(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i})$ maiores que 1. Nenhuma das cultivares satisfaz essa condição.

Carvalho et al. (1995), estudando a produtividade na cultura do algodão, observaram que o método bissegmentado mostrou-se apropriado aos dados, permitindo assim distinguir o comportamento de cultivares em ambientes favoráveis e desfavoráveis. A mesma conclusão também foi obtida por Souza et al. (1991) e Veronesi (1995), na cultura do milho, e Miranda (1993), na cultura do feijão.

Os resultados revelam que a qualidade do milho-pipoca nacional, avaliada pelo índice de capacidade de expansão, é baixa. Pacheco et al. (1996) que trabalharam com amostras de 29 marcas comerciais de pipoca coletadas em todo o País, estimaram um ICE médio de 15,38 mL/mL; 50% das marcas comerciais ficaram abaixo dessa média, e a melhor entre as pipocas testadas foi importada da Argentina e atingiu ICE de 23,98 mL/mL.

Entre os problemas dos produtores de pipoca está a dificuldade de obter semente de boa qualidade, de cultivares que reúnam boas características agrônomicas e boas características culinárias. Conseqüentemente, a pipoca produzida no País é de baixa qualidade, e os principais motivos disto são os seguintes fatos: a existência da ação de importadores (empacotadoras) que colocam no mercado nacional milho de alta qualidade a preços baixos, com subsídios dos países de origem (Estados Unidos e Argentina), desestimulando o produtor nacional; o reduzido índice de investimento em pesquisa, e, principalmente, a falta de legislação que regulamente a comercialização de grãos (Pacheco et al., 1998).

Conclusões

1. As cultivares nacionais de milho-pipoca, disponíveis em 1992, apresentam baixa capacidade de expansão.

2. Quanto à produtividade, as cultivares Pirapoca-Amarela e Colorado Pop 1 apresentam-se adaptadas a ambientes favoráveis, e MF 1001, Pirapoca-Branca e GO 100P demonstram capacidade satisfatória no aproveitamento dos estímulos ambientais.

3. Em relação ao ICE, as cultivares MF 1001, Colorado Pop 1, Pirapoca-Amarela e Pirapoca-Branca demonstram capacidade satisfatória no aproveitamento dos estímulos ambientais, o que não se nota na cultivar GO 100P, que é adaptada para ser cultivada em ambientes favoráveis.

4. Todas as cultivares são estáveis.

Referências

- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 4, p. 503-508, 1964.
- CARVALHO, L. R.; COSTA, J. N.; SANTOS, J. W.; ANDRADE, F. P. Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 207-213, fev. 1995.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa : Editora da UFV, 1997. 350 p.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 2, p. 567-580, 1989.
- DOFING, S. M.; CROZ-MASON, N. D.; THOMAS-COMPTON, M. A. Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent crosses. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 3, p. 715-718, 1991.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.
- GAMA, E. E. G.; HALLAUER, A. R. Stability of hybrids produced from selected and unselected lines of maize. **Crop Science**, Madison, v. 20, n. 5, p. 623-626, 1980.
- LIRA, M. A. **Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos para produção e capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho pipoca (*Zea mays* L.)**. Lavras : UFLA, 1983. 63 p. Dissertação de Mestrado.

- MIRANDA, G. V. **Comparação de métodos de avaliação de adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares: exemplo com a cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Viçosa : UFV, 1993. 120 p. Dissertação de Mestrado.
- MORAIS, O. P. de. **Adaptabilidade, estabilidade de comportamento e correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente em variedades e linhagens de arroz (*Oryza sativa* L.)**. Viçosa : UFV, 1981. 70 p. Dissertação de Mestrado.
- OLIVEIRA, A. C. **Comparação de alguns métodos de determinação de estabilidade em plantas cultivadas**. Brasília : UnB, 1976. 64 p. Dissertação de Mestrado.
- PACHECO, C. P. A.; CASTOLDI, F. L.; ALVARENGA, E. M. Efeito do dano mecânico na qualidade fisiológica e na capacidade de expansão de sementes de milho pipoca. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 267-270, 1996.
- PACHECO, C. P. A.; GAMA, E. E. G.; GUIMARÃES, P. E. O.; SANTOS, M. X.; FERREIRA, A. S. Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1995-2001, dez. 1998.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 13. ed. Piracicaba : Nobel, 1990. 466 p.
- RAMALHO, A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. O. de. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia : UFG, 1993. 271 p.
- SOUZA, F. R. S.; RAMALHO, M. A. P.; OLIVEIRA, A. C.; SANS, L. M. A. Estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 6, p. 885-892, jun. 1991.
- VERMA, R. K.; SINGH, T. P. Inter-relation among certain quantitative traits in popcorn. **Madras Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 13, n. 2, p. 15-18, 1979.
- VERONESI, J. A. **Comparação de métodos e avaliação da adaptabilidade e estabilidade de comportamento de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) em dez ambientes do Estado de Minas Gerais**. Viçosa : UFV, 1995. 90 p. Dissertação de Mestrado.